

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-058410

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G01B 15/00
H01J 37/22
H01L 21/66

(21)Application number : 10-219254

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 03.08.1998

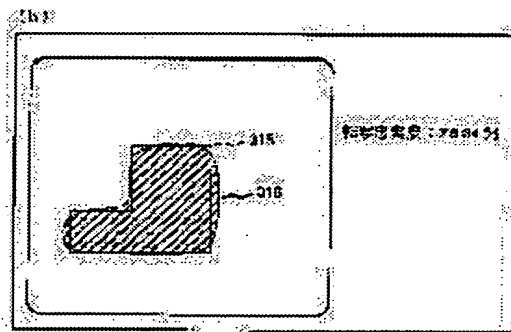
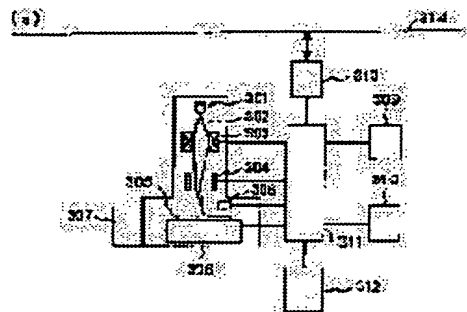
(72)Inventor : YOSHIMURA TOSHIYUKI
TERASAWA TSUNEO
YAMAMOTO JIRO
HIRANUMA MASAYUKI
ESUMI MAKOTO
OTAKA TADASHI
TODOKORO HIDEO
IIIZUMI TAKASHI

(54) SCANNING CHARGED PARTICLE BEAM APPLYING APPARATUS AND MICROSCOPING METHOD AND SEMICONDUCTOR MANUFACTURING METHOD USING THE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a scanning charged particle applying apparatus which realizes automation of manufacturing steps and a processing in a high precision by evaluating pattern images by measuring two dimensional sizes on a screen.

SOLUTION: This charged particle beam applying apparatus is provided with an input and output means 313, which detects a reference pattern image 315 and a signal obtained by radiating charged particle beam to a real pattern processed by a processing device by a detecting system 308, displays a pattern which processed the detected signal by a signal processing system 309 as a monitoring pattern image 316 with the reference pattern image 315 together on the same screen, compares both the pattern images by a judging part, based on a judging parameter and outputs the result to the processing device via a network 314.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

2001/11/13 9:20

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-58410

(P2000-58410A)

(43)公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル(参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 4 1 D 2 F 0 6 7
G 0 1 B 15/00		G 0 1 B 15/00	B 4 M 1 0 6
H 0 1 J 37/22	5 0 2	H 0 1 J 37/22	5 0 2 H 5 F 0 5 6
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平10-219254

(22)出願日 平成10年8月3日(1998.8.3)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 吉村 俊之

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 寺澤 恒男

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100061893

弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

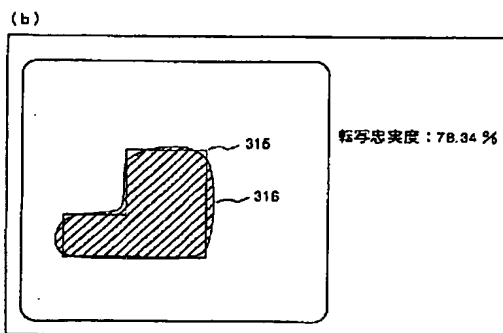
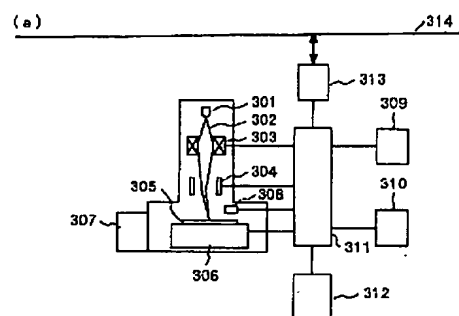
(54)【発明の名称】 走査型荷電粒子線応用装置ならびにそれを用いた顕微方法および半導体装置製造方法

(57)【要約】

【課題】画面中の二次元寸法を測定してパターン像を評価し、製造工程の自動化、高精度加工を実現する走査型荷電粒子線応用装置を提供する。

【解決手段】 参照パターン像315と、加工装置で加工された実パターンに荷電粒子線を照射し得られる信号を検出系308で検出し、検出信号を信号処理系309で処理したパターンを観察パターン像316として、参照パターン像315と共に表示系310の同一画面上に表示し、両パターン像を判断パラメータに基づき判断部312で比較し、その結果をネットワーク314を介して加工装置へ出力する入出力手段313を備えたものである。

図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加工装置により設計パターンにしたがい加工された被加工基板上の実パターンに集束荷電粒子線を照射するためのレンズ系と、被加工基板に該荷電粒子線を照射することによって該被加工基板上の実パターンから発生する二次電子および／もしくは反射電子を捕獲する検出系と、該検出信号を二次元画像信号に変換処理する信号処理系と、該二次元画像信号を観察パターン像として表示する表示系と、メモリ部を具備した走査型荷電粒子線応用装置であって、該観察パターン像が表示されている表示系に、該観察パターンに基づく該実パターンの判定条件の像を表示する手段を備えたことを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 2】 加工装置により設計パターンにしたがい加工された被加工基板上の実パターンに集束荷電粒子線を照射するためのレンズ系と、該荷電粒子線照射に伴って該被加工基板上の実パターンから発生する二次電子および／もしくは反射電子を捕獲する検出系と、該検出信号を二次元画像信号に変換処理する信号処理系と、該二次元画像信号を観察パターン像として表示する表示系と、メモリ部を具備した走査型荷電粒子線応用装置であって、該観察パターン像の同一表示画面上に、前記実パターンの判定条件の像を表示させる手段と、該加工装置と該被加工基板に関する情報が格納されたデータベース部と該入出力部を接続したネットワークと、該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置の情報および該データベース部から該観察パターン像を評価するための判定条件の像を受信する受信手段と、該観察パターン像と該判定条件の像を比較する判断手段と、該判断結果を該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置へ送信する送信手段とを具備することを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、判定条件の像として予めメモリ部に格納する判断パラメータを定め、該判断パラメータを用いるようにしたことを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、該判断パラメータには、該観察パターン像の長さおよび面積ならびに凹凸のうち、少なくとも一つを用いることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、該観察パターン像の凹凸として、該観察パターン像の所定方向の所定領域における寸法変化値を用いることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 6】 請求項 4 記載の走査型荷電粒子線応用装

置において、

該観察パターン像の凹凸として、該観察パターン像がホールパターンの場合には、該ホールパターンの重心から該ホールパターンの外周部への長さの不揃いを用いることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 7】 請求項 4 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、

該観察パターン像の凹凸として、該観察パターン像がホールパターンの場合には、該ホールパターンの重心から該ホールパターンの内周部への長さの不揃いを用いることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 8】 請求項 4 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、

該観察パターンの長さを求める手段として、該観察パターン像上に複数の微小領域を指定する微小領域指定入力手段と、該複数の微小領域内で、該観察パターン像で定まる所定方向のパターンエッジ位置を求める第一の演算手段と、該演算結果から該エッジ位置間の距離を求める第二の演算手段とを設けたことを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、該微小領域指定入力手段は、表示画面上にカーソルで指定入力させることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 10】 請求項 4 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、

該観察パターンの面積は、該観察パターン像の外周部分で囲まれる領域の二次元的な大きさであることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 11】 請求項 3 ないし 10 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該判断パラメータに基づき該観察パターン像を判断するとき、該判断パラメータの設定された上限値および下限値に基づき判断することを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 12】 請求項 3 ないし 11 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該判断パラメータを、ポインティングデバイスによる選択できることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 13】 加工装置により設計パターンにしたがい加工された被加工基板上の実パターンに集束荷電粒子線を照射するためのレンズ系と、被加工基板に該荷電粒子線を照射することによって該被加工基板上の実パターンから発生する二次電子および／もしくは反射電子を捕獲する検出系と、該検出信号を二次元画像信号に変換処理する信号処理系と、該二次元画像信号を観察パターン像として表示する表示系と、メモリ部を具備した走査型荷電粒子線応用装置であって、該観察パターン像が表示されている表示系に、参照パターン像を該観察パターンに基づく該実パターンの判定条

件の像として表示する手段を備えたことを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 14】 加工装置により設計パターンにしたがい加工された被加工基板上の実パターンに集束荷電粒子線を照射するためのレンズ系と、該荷電粒子線照射に伴って該被加工基板上の実パターンから発生する二次電子および／もしくは反射電子を捕獲する検出系と、該検出信号を二次元画像信号に変換処理する信号処理系と、該二次元画像信号を観察パターン像として表示する表示系と、メモリ部を具備した走査型荷電粒子線応用装置であつて、

該観察パターン像の同一表示画面上に、該観察パターンに基づく前記実パターンの判定条件の像として参照パターン像を表示させる手段と、該加工装置と該被加工基板に関する情報が格納されたデータベース部と該入出力部を接続したネットワークと、該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置の情報および該データベース部から該観察パターン像を評価するための参照パターン像を受信する受信手段と、該観察パターン像と該参照パターン像を比較する判断手段と、該判断結果を該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置へ送信する送信手段とを具備することを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 15】 請求項 13 または 14 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該判定条件の像として該参照パターン像の代わりに判断パラメータとして転写忠実度を用い、該転写忠実度は、前記参照パターン像の外周部分に予め所定の複数の評価点を規定し、該評価点と前記観察パターン像の外周部分との最近接距離を求め、該複数の評価点の該最近接距離の総和を演算し、該演算値と所定値との比とすることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 16】 請求項 15 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、該転写忠実度として、該参照パターン像の外周部分と、該観察パターン像の外周部分で形成される閉領域の面積の総和を求め、該総和と所定値との比を用いることを特徴とすることを走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 17】 請求項 16 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、該閉領域の面積の総和を求める手段として、該参照パターン像を該観察パターン像に重ね合わせて表示する表示手段と、該重ね合わせた画面上に複数の微小領域を指定する微小領域の指定入力手段と、該指定された複数の微小領域内で該観察パターン像から定まるパターンエッジ位置と該参照パターン像から定められ辺もしくは点の位置との差を求める第一の演算手段と、該演算結果で定まる該観察パターン像のパターンエッジ位置と該参照パターン像の辺もしくは点の位置間で囲まれた面積値に対応する値を求める第二の演算手段とを設けたことを特徴と

する走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 18】 請求項 13 ないし 17 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該参照パターン像は、該設計パターン値および加工方法から予測される加工形状であることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 19】 請求項 13 ないし 17 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、該参照パターン像は、該設計パターン値および加工方法から予測される加工形状での該実パターンに対して許容される大小範囲を示したものであることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 20】 請求項 2 または 14 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該データベース部の格納情報には、該設計パターンの CAD データもしくは該実パターン形成のシミュレーション結果、または該加工装置の加工条件を変更させるプロセス条件と加工結果の相関表のいずれかを含む記憶手段を備えることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 21】 請求項 20 記載の走査型荷電粒子線応用装置において、該記憶手段には、該プロセス条件として少なくともエネルギー線のフォーカス条件もしくは照射量またはレジスト処理のベーク温度および時間、引き置き時間またはエネルギー線照射での近接効果パラメータのいずれかを記憶するようにしたことを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 22】 請求項 1 ないし 21 もしくは記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該加工装置は、電磁波もしくは荷電粒子線のいずれかを照射するエネルギー線照射装置であることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 23】 請求項 2 ないし 12 もしくは 14 ないし 22 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該判断手段で、不良箇所とされた位置を表示系の画面上に明示するようにしたことを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 24】 請求項 3 ないし 12 または 15 ないし 22 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置において、該観察パターン像が複数の場合には、該判断パラメータを該複数の観察パターン像の相互間の距離、もしくは該複数の観察パターン像の面積の分布、または該複数の観察パターン像の形状のいずれかを用いることを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置。

【請求項 25】 レンズ系により、加工装置により設計パターンにしたがい加工された被加工基板上の実パターンに集束荷電粒子線を照射し、検出系により該荷電粒子線照射に伴って該被加工基板上の実パターンから発生する二次電子および／もしくは反射電子を捕獲し、信号処理系により該検出信号を二次元画像信号に変換処理し、

表示系により該二次元画像信号を観察パターン像として表示する走査型荷電粒子線応用装置を用いる顕微方法であつて、

該観察パターン像の同一表示画面上に判定条件の像を表示させ、該加工装置と該被加工基板に関する情報が格納されたデータベース部と該入出力部とをネットワークで接続し、該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置の情報および該データベース部から該観察パターン像に基づき該実パターンを評価するための判定条件の像を受信し、該判定条件の像に基づき該観察パターン像を判断し、該判断結果を該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置へ送信することを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置を用いることを特徴とする顕微方法。

【請求項 26】 請求項 25 記載の顕微方法において、該判定条件の像として、参照パターン像を用いることを特徴とする顕微方法。

【請求項 27】 半導体基板上に所望のパターンを複数の加工装置により加工し、請求項 1 ないし 24 記載のいずれかの走査型荷電粒子線応用装置で検査し、半導体装置を形成する半導体装置製造方法であつて、該加工装置を動作させる情報を該入出力部からネットワークを介して自動的に受信する工程と、該加工装置で加工されたのち、該半導体基板上の実パターンを該走査型荷電粒子顕微鏡で観察し、観察パターン像として該表示系の画面に表示させ、且つ該メモリ部の設計パターンに基づく判定条件の像を該観察パターン像と同一画面に表示させる工程と、該加工された半導体基板に関する情報を格納したデータベース部から該観察パターン像を診断する判定条件の像を該入出力部から受信する工程と、該観察パターン像と該判定条件の像とを対応させて該判断手段で判断する判断工程と、該判断結果を該入出力部から該加工装置にネットワークを介して自動的に転送する工程と、該判断結果に基づき該加工装置を動作させるプロセス条件を変化させる工程とを含むことを特徴とする半導体装置製造方法。

【請求項 28】 請求項 27 記載の半導体装置製造方法において、複数の加工装置と、該走査型荷電粒子線応用装置を搬送機構により連結し、該半導体基板を該第一の加工装置から、該走査型荷電粒子線応用装置で構成する検査装置へ搬送し、該検査装置での検査終了後、該走査型荷電粒子線応用装置で構成する検査装置から該第二の加工装置へ自動搬送することを特徴とする半導体装置製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、走査型荷電粒子線応用装置および半導体装置製造方法に係り、半導体基板上に微細な半導体装置を形成するにあたり、加工形状を観察することに好適な特に高精度且つ高機能を有する走査型荷電粒子線応用装置およびこれらを用いた加工精度

が高い半導体装置の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の製造方法において、パターンを形成する技術を一般に「リソグラフィ」と呼ばれている。該リソグラフィにおいては、パターンの設計寸法と加工後の寸法が同一であることが望ましい。すなわち、パターンの所望の素子寸法と加工後の素子寸法が等しいことが高精度な加工がなされたことを示している。ところが、近年該パターンの微細化が進行するにつれて、要求される描画精度も高精度となり、その加工が困難となってきた。

【0003】 その理由として、例えば加工寸法が 200 nm レベルとなると、上記パターン形成の化学増幅系レジストのベーク処理における酸物質の拡散による寸法変動が無視できなくなってきたからである。また、入射エネルギー線の散乱や、エネルギー線同士の干渉の効果による実効的な照射領域の変動（一般に近接効果と呼ばれている）により加工寸法が変化し、その変化量が無視できなくなってきたからである。

【0004】 そこで、加工パターンの高精度な観察および評価が必須となる。なぜならば、加工後のパターン寸法を正確に評価することにより、プロセス条件の正確な評価が行われ、該パターン寸法を半導体装置の製造装置へフィードバックすることにより該プロセス条件を最適化することが可能となるからである。従来の評価装置としては、例えば特開平 9-166428 号公報に記載された測長用電子顕微鏡があげられる。この技術は、まず収束した電子線を被観察試料に照射して走査する。そして、その際に被観察試料から発生する二次電子線を検出系で捕獲し、走査線と検出信号の同期を取ることで、表示系に被観察試料像を表示し、所望のパターン寸法を測定することを目的とした装置である。その際に、電子線照射に伴う帯電と「コンタミネーション」によるパターン寸法が変化することに対処するために、パターン寸法の時間的変化を記録する手段を備え、該記録手段による記録から所定の演算方法、例えば時間外挿法で所定の時刻におけるパターン寸法を算出する手段を備えた測長用電子顕微鏡である。また、上記測長用電子顕微鏡では、単にパターンの長さや幅を測定することに留まっていた。一般に測長用電子顕微鏡は、一方向にスキャンし、そのスキャン方向の測定については相当な精度をうることができるという特徴を有する装置である。このため、この特徴を生かした顕微方法や検査方法の技術があったが、複数パターン間の一致度や、観察パターンと設計値通りに加工した結果の加工パターンとの忠実度を用いて正確な判断ができるという技術は存在していなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来の公知技術における問題を図 1、2 を参照して説明する。図 1 は、従

来における測長用の走査型荷電粒子顕微鏡のパターン計測説明図、図2は、図1のパターン計測における許容誤差の説明図である。第一の問題は、走査型荷電粒子線応用装置による加工された被観察試料の実パターンの寸法測定に際し、荷電粒子線はS/N比を向上させるため、該被観察試料を一方方向に走査し且つ該走査方向に直交する方向に該一方方向の走査荷電粒子線を移動させる二次元の走査方法が行われているが、該走査方法では特定の一次元方向の寸法、例えば、図1に示すように画面中のレジストパターン101の特定方向の幅のみが測定可能であり、レジストパターン101の幅が所望の寸法領域内に形成されているか否かを判断する機能は有していない。

【0006】この特定の一次元方向の寸法のみ測定できないという事は、図2に示すように、レジストパターン201の許容最大範囲線202および許容最小範囲線203を同一画面上に表示し、加工後の実パターンの良否を簡便に評価できなかった。また、所望のパターンと、加工形成後の実パターンとを同一画面上に表示しその差を定量的に評価し、該評価結果を該加工装置を動作させるプロセス条件に反映させたり、該プロセス条件の基礎データを収集することもできないという問題があった。さらに、被観察試料のレジストパターン上に、一方方向は荷電粒子線のフォーカスをパラメータとし、他の方向は、荷電粒子線のドーズをパラメータとして、マトリクスを形成し、最適条件を決定する手法も人手を介する以外には実現できないという加工技術の進歩の隘路にもなっていたという問題があった。

【0007】第二に、加工された実パターンを含む被加工基板の評価結果は、基本的には走査型荷電粒子線応用装置による単なる評価資料としてとどまっていた。また、該評価を被加工基板の加工プロセス工程にフィードバックすることは人手を介して行われていた。このため、該プロセス工程の変更は勿論、該プロセス工程そのものも自動化されていないため、該工程のプロセス条件の変更に時間を要し且つその高精度化も不充分で、生産性も向上しないという問題があった。

【0008】

【課題を解決するための手段】課題を解決するための手段の一例を説明する。上記第一の問題は、走査型荷電粒子線応用装置で観察された観察パターンと、該観察パターンに対応した判断条件像として参照パターン（本明細書では設計データ等に基づいて計算された加工パターンのシミュレーションによる加工形態もしくは設計データをいう）を同一画面上で表示する手段を備えた走査型荷電粒子線応用装置を用い、もしくは判断条件像として定義したパラメータに基づき、観察パターンに適用して検査し、さらに、観察画像の中に条件を設定し判定検査しもしくは他の加工装置からの情報をネットワークを介して自動的に入力し且つ信号処理系で得られた信号から求

められる情報をネットワークを介して自動的に出力とする入出力手段を備えるように構成した走査型荷電粒子線応用装置を用い、さらに、入出力部ならびに判断手段が、他の加工装置からの情報を、ネットワークを介して自動的に入力し、且つ該被加工基板に関する情報を格納したデータベースに接続されて前記信号処理系で得られた情報を診断するための判断条件の像を前記データベースから受け取り、該判断条件の像と該判断条件の像に相当する前記信号処理系からの情報を比較、判断し、該判断結果に基づく情報を前記他の加工装置に前記ネットワークを介して自動的に出力する機能を具備するように構成した走査型荷電粒子線応用装置等を用いて、検査すれば解決することができる。

【0009】また、レンズ系により、加工装置により設計パターンにしたがい、加工された被加工基板上の実パターンに集束荷電粒子線を照射し、検出系により該荷電粒子線照射に伴って該被加工基板上の実パターンから発生する二次電子および／もしくは反射電子を捕獲し、信号処理系により該検出信号を二次元画像信号に変換処理し、表示系により該二次元画像信号を観察パターン像として表示する走査型荷電粒子線応用装置を用いる顕微方法であつて、該観察パターン像の同一表示画面上に判断条件の像を表示させ、該加工装置と該被加工基板に関する情報が格納されたデータベース部と該入出力部とをネットワークで接続し、該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置の情報および該データベース部から該観察パターン像を評価するための判定条件の像を受信し、該判定条件の像に基づき該観察パターン像を判断し、該判断結果を該入出力部から該ネットワークを介して該加工装置へ送信することを特徴とする走査型荷電粒子線応用装置を用いる顕微方法を用いて、観察・検査すれば解決することができる。

【0010】また、上記他の問題は、半導体装置製造方法において、複数の加工装置と、該走査型荷電粒子線応用装置とを搬送機構により連結し、該半導体基板を該第一の加工装置から該走査型荷電粒子線応用装置で構成する検査装置へ、例えば搬入部を介して搬入し、該該走査型荷電粒子線応用装置を用いた検査装置で検査し、該検査終了後、該走査型荷電粒子線応用装置で構成する検査装置から、例えば搬出部を介して搬出し、該第二の加工装置へ自動搬送することにより解決することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図3ないし図13を参照して、本発明の実施形態について説明する。初めに、本発明の実施形態の概略を説明する。第一に、荷電粒子線応用装置による実画像と、判定条件の像もしくは二次元の参照画像を判定条件の像として比較し、プロセスの評価をする。第二に、加工パターン上の線もしくは像を、判定条件像として判断パラメータとして定義し、該定義に対応して荷電粒子線応用装置による実画像の線もしくは

像を比較し、プロセスの評価をする。第三に、荷電粒子線応用装置による少なくとも二つ以上の観察パターン像を相対的に比較し、プロセスの評価をする。このように三つに大別されるものである。これらについて、順次説明をするが、以下の実施形態では、荷電粒子線として電子線の場合について説明する。したがって、本発明に係る荷電粒子線応用装置を、本発明に係る走査型電子顕微鏡として説明する。しかし、各実施形態では、イオン線を含む他の荷電粒子線を用いた場合についても全く同様に適用できるものである。

【0012】〔実施形態 1〕図3は、本発明の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の構成および表示画面の説明図である。図3分図(a)に示される本発明に係る走査型電子顕微鏡は、電子源301から発生した電子線302をレンズ系303で集束し、電子線302を偏向系304により偏向させ、観察対象である被加工基板305上を二次元的に走査する。該二次元的走査は、被加工基板305上を左から右に水平走査し、この水平走査を一定間隔で垂直に移動させる垂直走査を組み合わせる二次元走査方式で行われている。前記電子線302は加速電極(図示せず)により、例えば2kVに加速されている。

【0013】電子線の加速電圧は、減速電極(図示せず)により減速されていても差し支えない。被加工基板305は移動機構を有するステージ系306上に載置されており、電子線302の偏向領域以上の領域の観察が可能となっている。被加工基板305は、一般にシリコン等の半導体基板に、例えばレジストパターンが形成されたものである。但し、上記のようなシリコン等の半導体基板にレジストパターンに限定されないことはいうまでもなく、半導体基板上の金属パターン、絶縁物パターン等その種類に制限はない。

【0014】被加工基板305は、カセット307を介して図示しない搬送ラインを通じて出し入れされる。そして、電子線照射に伴って、被加工基板305上に形成されたパターンから発生する二次電子および／もしくは反射電子を、検出系308で捕獲する。ここで検出系308は、例えば公知のシンチレータ・ホトマル方式の二次電子検出器もしくは半導体検出器を用いる。

【0015】さらに、検出した二次電子および／もしくは反射電子を電気信号に変換した後に、該変換後の信号を画像データ信号に変換する処理を信号処理系309で行われる。この処理では、偏向系304での走査速度に同期させて画像データ信号を生成させる。そして、処理された画像データ信号を表示系310において画像として表示することにより、被加工基板305上のパターン形状を表示することができる。

【0016】ここで、レンズ系303、偏向系304、ステージ系306、カセット307、検出系308、信号処理系309、表示系310、および装置全体を真空

にするための真空系(ここでは図示せず)は、例えばワークステーションを備えた演算制御系311で制御されている。また、演算制御系311には、該演算制御系311に入った情報を判断する判断部312が付加されている。

【0017】さらに、本装置は、以下の示すネットワークに接続可能な形態を取っても差し支えない。すなわち、制御部311に接続された情報信号の入出力部313を有し、例えばイーサネットに代表されるネットワーク314もしくは光ケーブル等による専用ローカルネットワークを構築し、該入出力部313を介して該ネットワークに接続されている。

【0018】該ネットワークには、被加工基板を加工した加工装置や、被加工基板305の「プロセス条件と加工結果との相関表」に代表される情報等を格納したデータベースを収集した装置が接続されており、該データベースと本走査型電子顕微鏡間にはデータの自動的なやり取りが可能である。そして、表示系301の画面には、図3分図(b)に示すように、加工されるべき参照パターン315が、観察された観察パターン316に重ね合わされて表示可能である。

【0019】ここで、参照パターン315とは、前記した如く、「設計データ、露光条件、現像条件に基づいて計算される加工パターンのシュミレーション結果もしくは設計データそのもの」である。すなわち、予測される加工形態である。または、後述のように、観察される観察パターンの許容範囲を示す領域に対して用いる場合もある。

【0020】ここでは、図4に示すフローチャートに従い、本走査型電子顕微鏡を用いた測定について説明する。図4は、図1の走査型電子顕微鏡を用いた測定フローチャートである。まず、試料(被加工基板)を走査型電子顕微鏡に装填して測定を開始する。以下のステップ1からステップ7までの各種の検出、表示および演算等は、演算制御系311により制御され実行されるものである。ステップ1において、試料上の測定すべきパターン箇所を特定する。この特定は、予め走査型電子顕微鏡の図示しない記憶部に測定箇所を登録しておき、前記演算制御系311から自動的に特定してもよく、また測定者が画面から手動により特定してもよい。

【0021】ステップ2において、試料上のパターン像の観察を実行する。すなわち、検出系308で検出し、表示系310で表示させる。ここでは、例えば、通常のKrFエキシマレーザ露光により形成された図3分図(b)に示すようなレジストパターンの幅測定を行う場合とする。該レジスト加工のためのエネルギー線としては、KrFエキシマレーザの他に電子線、X線、イオン線のパターン形成可能なエネルギー線であればよい。

【0022】次に、ステップ3において、参照パターンデータを表示するかどうか、すなわち、観察された観察

パターン像316と表示させた前記参照パターン像315を比較するか否かを使用者は選択する。比較する場合を選択した場合には、参照パターン像315を表示する。比較しないことを選択した場合、通常の線幅測定を行うことに対応する。測定終了後、ステップ3aにおいて、他のパターンを観察を行うか否かを再び選択することとなる。他のパターンを観察を行う場合は、ステップ1に戻り、他のパターンを観察を行わない場合は、ステップ7の終了にすすむことになる。

【0023】走査型電子顕微鏡には、個別の記憶装置が備えられ、設計パターン、露光条件、現像条件から通常のシミュレーションによって求められる加工予測形状

(CADデータ)の情報が格納されている。これらは、観察パターン像と参照パターン像とを比較し、その良否を判断する判断パラメータとして用いられる。また、走査型電子顕微鏡は、ネットワークに接続されて、外部のデータベースに、上記個別の記憶装置と同様のデータが格納されており、ネットワークを介して該データを受取り参照することができる。ステップ3において比較することを選択した場合、ステップ4において、観察パターン像と参照すべき加工予測形状を画面上に表示する。ステップ5において、例えば、図3分図(b)に示すように、参照パターン像315と観察パターン像316とを重ね合わせることが可能となるので、簡単、且つ正確に比較することができる。ここで、参照パターン像315は、マウス、トラックボール等の手段によるポインティングデバイスで移動可能であり、画面上で任意の位置に動かせる。上記判断パラメータもマウス、トラックボール等の手段によるポインティングデバイスで選択できる。

【0024】また、観察パターン像316の輪郭部分を自動的に抽出し、例えば、その図形の一次モーメントから求まる重心を決定する。そして、参照パターン像315の一次モーメントから求まる重心を、前記観察パターン像316の一次モーメントから求まる重心に重ねることにより、該参照パターン像315と該観察パターン像316を自動的に重ねる演算を行ってもよい。これにより、望ましい加工形状と観察パターン像の比較が可能となり、該加工パターン形成のプロセスの良否を判断できる。そして、次のステップ6に進み、他のパターンを測定するか否かを選択することにより、ステップ1に戻り測定を続行するか、ステップ7の終了するかを選択する。

【0025】〔実施形態 2〕図5を参照して、観察パターン像において許容範囲を表示する加工予測形状にを用いて走査型電子顕微鏡の検査について説明する。図5は、本発明に他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の測定説明図である。上記実施形態の走査型電子顕微鏡においては、参照パターンとして加工予測形状を用いた場合について述べたが、加工された観察パターンの許容範

囲を表示した場合についても適用できる。例えば、図5に示すように、レジストのホールパターン501を観察した場合、ホール形成の良否を判定するに当たり、ホール径の許容最大範囲線502、許容最小範囲線503を同心円状に表示する。

【0026】例えば、加工後のホール径として $0.2\mu\text{m}$ を理想値として加工した際、 $0.18\mu\text{m}$ から $0.22\mu\text{m}$ の範囲にホールができあがっていれば良品と判断するとした場合、それぞれのホール円を参照パターンとして画面上に表示する。観察パターンとの位置調整は、例えば、図3の〔実施形態 1〕と同様に、一次モーメントから求まる重心を一致させればよい。

【0027】これにより、ホールの良否判定を、従来のホール径の直接測定(真円でない場合は平均値)による数値データを用いずに、視覚的、いわゆる見ただけで判定可能となり、効率が少なくとも二倍以上に向上することが可能となった。ここで、画面中に数値データを出力し、該数値データと比べて数値で、定量的に判定してもよいことはいうまでもない。

【0028】〔実施形態 3〕ここで、以下、図6に示される〔実施形態 3〕から、図13に示される〔実施形態 8〕まで、上記走査型電子顕微鏡を用いた検査におけるいくつかの判断条件の像としての判断パラメータの例示と、その測定およびそれに基づく評価方法について説明する。これらは、指定されたメニューに従い、各種機能に応じた判断パラメータを選択することができる。また、以下の各制御および演算は、演算制御系311により実施される。

【0029】図6を参照して、本走査型電子顕微鏡を用いたホールパターンのラフネスの測定について説明する。図6は、本発明に他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の測定説明図である。表示画面中のホールパターン像601の重心点602から、図示するような動径像603が引かれる。ここで、重心点602の求め方としては、例えば、図3の〔実施形態 1〕のように、ホールパターン像601の外周部から形成される図形の一次モーメントから決定する。そして、ホールパターン601像の外周部と動径像603との交点を求め、重心点602からの距離を「仮想的な半径」と定義する。

【0030】ここで、仮想的な半径の平均値を「平均半径」とする。そして、指定の本数の動径像603を線引きする。該動径像の線引きは、例えば 15° ずつ角度を変えて回転させると、計24本の動径像が線引できる。そこでの仮想的な半径を各々求める。それら24本の動径像値のバラツキ(例えば、標準偏差の3倍の値)を「ホールのラフネス」と定義して表示する。ここでは、例えば 3.213nm の値が得られた。

【0031】一般に、ホールの上面観察をした場合、レジストの上面縁が外周部として観察される。しかしながら、ホールの底面が観察される場合がある。この観察

は、加速電圧を低下させると同時に、底面からの二次電子および／もしくは反射電子信号を引き出すために、試料に負の電位が印加された場合に実現される。この場合には、外周部の内側に底面部分の輪郭（これを内周部という）が明瞭に観察される。もし、底面の形状を評価する場合には、上記内周部と動径603との交点を求め、上記と同様な「仮想的な半径」を求めることにより、ホール底面のラフネスおよび平均半径を求めることが可能となる。ここで、外周部と内周部のどちらを選択してパラメータとするかは、使用者が自由に決めることができる。

【0032】〔実施形態 4〕図7を参照して、本走査型電子顕微鏡を用いたパターン間の最近接距離の測定について説明する。図7は、本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の測定説明図である。多数の表示画面中に、所望の第一のパターン像701と第二のパターン像702を、使用者が例えばカーソルで指定する。演算制御系311により、指定された表示画面より第一のパターン像701と第二のパターン像702の外周部分を結ぶ二点間の距離を測定し、その最小値を「最近接距離」と定義して表示する。ここでは、例えば100.234nmの値が求められた。

【0033】〔実施形態 5〕図8を参照して、本走査型電子顕微鏡を用いた加工パターンのパターン転写忠実度の測定について説明する。図8は、本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の測定説明図である。ここでは、本走査型電子顕微鏡に個別に備えられた記憶装置に格納されたデータベースあるいはネットワークのデータベース部から所望のパターンに関する参照パターンデータを引き出し表示画面上に表示する。ここでの参照パターンとは、設計データ、露光条件、現像条件に基づいて計算した加工パターンのシミュレーション結果である。

【0034】図8分図(a)に示すように、図3の〔実施形態 1〕と同様に、これを観察パターン像802に重ね合わせることによって両者を比較する。パターン転写忠実度の求め方としては、例えば、次の二つの方法を用いることができる。第一の方法として、図8分図

(b)に示すように、参照パターン像801上に評価点を設定する。該評価点の設定は、個数、配置は自由であり、等間隔点、角点のみ等を設定する。

【0035】ここでは、例示としてその内の一つの評価点803を「X」印で示している。この評価点像803と観察パターン像802の最近接距離を求める。ここでは、最近接距離とは図中の実線であり、破線は、それ以外の評価点像803と観察パターン像802とを結んだ線を示すものである。そして、各評価点の最近接距離の総和を計算し、所定値、例えば、参照パターンの外周線の長さとの比を求め、1からその比を引いた値(%)をパターン転写忠実度と定義する。

【0036】第二の方法として、図8分図(c)に示すように、参照パターン像801の外周線と観察パターン像802の外周線とで形成される閉領域、ここでは図示する1から10の十箇所の面積の総和を計算し、所定の値、例えば、参照パターン像801の部分の面積との比を求め、1からその比を引いた値(%)をパターン転写忠実度と定義する。図8分図(c)にでは、例えば、パターン転写忠実度は78.34%であった。

【0037】〔実施形態 6〕図9を参照して、本走査型電子顕微鏡を用いた面積の分布の測定について説明する。図9は、本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の測定説明図である。表示画面中に、所定のパターン像901が、様々な大きさを持って分布している。例えば、多結晶シリコンの形成後のパターンを観察する。ここで、各々のパターン像の閉曲線に囲まれた領域の面積を求める。

【0038】そして、該面積の分布を求めることによって、面積分布の平均と、面積のバラツキ、例えば標準偏差の3倍値を表示する。ここでは、例えば、面積分布の平均は25.345平方nm、そのバラツキは4.234平方nmの値が求められた。また、面積の分布を表示してもよい。分布については、面積のみならず長さの評価を行い、長さの分布を表示することを行ってもよい。

【0039】〔実施形態 7〕図10を参照して、本走査型電子顕微鏡を用いた不良パターン箇所の表示について説明する。図10は、本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の測定説明図である。図10は、表示画面中にホールパターン像1001が表示されている。ここでは、メモリの蓄積容量パターンの評価について説明する。ここで、図8の〔実施形態 5〕と同様に、データベースから引用した参照パターン像と観察パターン像とを比較する。ここで、例えば、所望の面積に比較して、20%以上ずれている場合には、「不良パターン」として判断し、不良パターンを1002として、例えば色を変えて表示する。ここではその面積も表示し、例えば23145.62784平方nmの値が得られた。

【0040】〔実施形態 8〕図11を参照して、複数の微小領域によるパターンの距離の測定について説明する。図11は、本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の測定説明図である。図11分図(a)において、表示画面中に観察パターン像1101が表示されている。ここで、第一の微小領域1102と第二の微小領域1103をカーソルを用いることにより指定する。所望の図示X方向の距離を指定すると、その方向におけるパターンエッジを規定する。そして、両パターンエッジ間の距離を演算することにより、その値を求め、表示する。

【0041】この表示により、微小領域に囲まれた所定のパターン像1101でのある軸方向の長さを求めるこ

とができる。すなわち、図 11 分図 (a) に示すような、従来では測定できなかった任意の図形における幅を求めることが可能となった。なお、ここでは、二個の微小領域について述べたが、それ以上の微小領域を表示させて、各微小領域間の距離を求めてもよい。また、方向は、図示の X 方向に限らないことはいうまでもない。

【0042】また、図 11 分図 (a) には、参照パターン像 1104 も示している。この参照パターン像 1104 は、設計データ、露光条件、現像条件に基づいて計算された加工パターンのシミュレーション結果である。すなわち、予測されるパターンの加工形態である。ここで、第一の微小領域 1102 と第二の微小領域 1103 をカーソルを用いることにより指定する。いずれの領域も X 方向の測定を行なうものとする。まず、第一の微小領域 1102 内において、観察パターン像 1101 の辺の位置と参照パターン像 1104 の辺の位置との差を演算制御系 311 の信号処理により求められる。

【0043】同様に、第二の微小領域 1103 内においても、観察パターン像 1101 の辺の位置と参照パターン像 1104 の辺の位置との差を求めた。これらの差の値と、参照パターン像 1104 の寸法情報とから、観察パターン像 1101 の所定寸法を求めることができた。なお、単に所定の寸法のみを測定する場合は、各微小領域は観察画像面と対応して原点位置が定まるので、微小領域内で観察パターン像 1101 の辺の位置を微小領域の原点からの位置として求めておけば、参照パターン像 1104 は、必ずしも必要ではない。

【0044】次に、図 11 分図 (b) に示すように微小領域を複数個指定する場合について説明する。図 11 分図 (b) において、微小領域 1110、1111、1112 は X 方向の位置情報を得るための領域であり、微小領域 1113、1114、1115 は Y 方向の位置情報を得るための領域である。図 11 分図 (b) において、微小領域 1110、1111、1112 から、観察パターン 1101 の辺の位置、すなわち、パターンエッジと、参照パターンの辺の位置との差を求めた。

【0045】次に、各微小領域間の差の総和に、微小領域の間隔の平均値を乗ずることにより、交差点 1120 と 1121 とで交差する観察パターン像 1101 の辺と参照パターン像 1104 の辺とで囲まれる面積を近似して求める。同様に、微小領域 1113、1114、1115 から y 方向の位置情報、すなわちパターンエッジを得て、交差点 1122 と 1123 とで交差する観察パターン 1101 の辺と、参照パターンの辺とで囲まれる面積を近似して求めた。

【0046】予め指定した微小領域から観察パターン像 1101 の回りに対して、これらの面積の総和を求めてを評価量と定義し、この評価量が小さい場合にパターンの忠実性が良好と判断する。なお、微小領域の設定個数は多いほど精度が向上するが、演算時間もかかるので、

処理時間と精度とを考慮して、適宜に二個以上の複数の微小領域を設定したものである。

【0047】〔実施形態 9〕図 12 を参照して、ネットワークと接続されている本発明に係る走査型電子顕微鏡を説明する。図 12 は、本発明のさらに他の一実施形態に係るネットワーク接続の走査型電子顕微鏡の説明図である。図示する本発明に係る走査型電子顕微鏡は、電子源 1201 から発生した電子線 1202 をレンズ系 1203 で集束し、電子線 1201 を偏向系 1204 により、観察対象である被加工基板 1205 上で走査する。ここで、電子線 1202 は、電子源の加速電極（ここでは図示せず）が例えば 2 kV に設定されて加速されている。

【0048】電子線の加速電圧は、減速電極（図示せず）により減速されていてもよい。被加工基板 1205 は移動機構を有するステージ系 1206 上に設置されており、電子線 1202 の偏向領域以上の領域の観察を可能とする。該被加工基板 1205 は、一般にシリコン等の半導体基板に、例えば、レジストパターンが形成されているものである。但し、上記に限定されないことはいうまでもなく、半導体基板上の金属パターン、絶縁物のパターン等、その種類に制限はない。

【0049】被加工基板 1205 は、図示しないが搬送系によりカセット 1207 を介して出し入れされる。そして、電子線 1202 の照射に伴って、被加工基板 1205 上に形成されたパターンから発生する二次電子あるいは反射電子を、検出系 1208 で捕獲する。ここで検出系 1208 は、例えば上記公知例に記載された、シンチレータ・ホトマル方式の二次電子検出器を用いることが好ましい。

【0050】さらに、検出した二次電子あるいは反射電子を電気信号に変換した後に、変換後の信号を画像データに変換する処理を信号処理系 1209 で行われる。ここでは、偏向系 1204 の走査速度に同期させて画像データが生成される。そして、処理された信号を表示系 1210 において、表示することにより、被加工基板 1205 上のパターン表面形状が表示される。

【0051】ここで、レンズ系 1203、偏向系 1204、ステージ系 1206、カセット 1207、検出系 1208、信号処理系 1209、表示系 1210、および装置全体を真空にするための真空系（ここでは図示せず）は、例えば、ワークステーションを有する制御系 1211 で制御されている。また、制御部 1211 には、該制御部 1211 に入った情報を判断する判断部 1212 が付加されている。

【0052】さらに、本装置は、該制御部 1211 に接続された入出力部 1213 を有し、該入出力部 1213 を介して、例えば、イーサネットに代表されるネットワーク 1214 に接続されている。該ネットワーク 1214 には被加工基板 1205 を加工した加工装置 1215

や、被加工基板 1205 のプロセス条件と加工結果の相関表に代表される情報を格納したデータベース部 1216 が接続されており、該走査型電子顕微鏡と該データベース部 1216 とのデータの自動的なやり取りが可能である。

【0053】ここでは、データのやり取りは、予め定められたプログラムに従い、自動的に行われる。例えば、加工装置 1215 が現像装置につながっている電子線描画装置であった場合、その電子線照射量、現像温度、現像時間等の情報が、入出力部 1213 を介して制御部 1211 ならびに判断部 1212 に入力される。観察試料としては、例えば、シリコン基板上のレジストパターンであって、多量のウエハを電子線描画するに先立つて、一枚のみ描画、現像処理されたものである。信号処理系 1209 で処理された被加工基板 1205 の情報を、判断部 1212 が受け取る。

【0054】ここでは、例えば図 10 に示す蓄積容量パターンの特定部分の面積が測定対象とする。図 10 では、本走査型電子顕微鏡の表示系における画面表示が示されている。この面積とは蓄積容量の外周部分に囲まれる領域の面積と定義する。該面積の求め方は画像処理を用いた所定の方法による。例えば、画面はデジタル表示であるが、上記領域に含まれる最小単位（ピクセル）の個数を計測する方法や、外周部分がピクセルを跨る場合、ピクセルを補間してさらに分割し、そのサブピクセル部分の個数を含めた領域の面積を計測する方法があげられる。

【0055】さらに、判断部 1212 は、データベース部 1216 よりプロセス条件の情報を引き出し、上記面積が望ましい値であるかを判断する。そして、もし、望ましくない場合、その原因を判断して、その結果を加工装置 1215 に出力する。例えば、電子線照射量が小さすぎたために、所望のホールパターンが小さくなったと判断し、その情報を出力する。これにより、加工装置 1215 である電子線描画装置は、自動的に次回から電子線照射量を最適化した状態で加工が実行される。これにより、望ましい寸法のレジストパターンが形成可能となった。

【0056】〔実施形態 10〕図 13 を参照して上記走査型電子顕微鏡を用い、得られた情報をフィードバックする半導体装置の製造方法を説明する。図 13 は、本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡を用いた半導体装置の製造方法の説明図である。該〔実施形態 10〕において、図 12 の〔実施形態 9〕と共通する部分も多く、該部分の再度の説明は、煩瑣となるので省略し、特徴部分を中心に説明する。

【0057】図示する如く、被加工基板 1305 は、加工装置 1315、例えば、電子線描画装置で加工され、図示しない現像装置により被加工基板 1305 が現像され、そのうち、図示の実線の自動搬送系 A によって、検

査装置である走査型電子顕微鏡に設けてある被加工基板 1305 の搬入口と搬出口および一時格納庫を兼ねるカセット 1307 を介して、該走査型電子顕微鏡内に搬入される。そして、該カセット 1307 へ搬入された被加工基板 1305 は、検査装置である走査型電子顕微鏡内のステージ系 1306 上に載置される。前記加工された電子線描画パターンが検査され、判断パラメータに基づいて該描画パターンの良否が判断される。検査されたのうち、該被加工基板 1305 は、再び前記カセット 1307 を介して図示の実線の自動搬送系 A によって搬出される。次の加工装置 1317、例えばエッチング装置へ搬送され、次の工程の加工がされる。

【0058】上記検査装置としての走査型電子顕微鏡は、制御部 1311 に接続された入出力部 1313 を有し、この入出力部 1313 を介して、例えば、イーサネットに代表されるネットワーク 1314 に接続されているが、この機能をネットワークとの接続と共に説明する。

【0059】図 13 において、B は、データベース部 1316 と、該走査型電子顕微鏡とのデータの自動的なやり取りを示すものである。ここでは、該データ B のやり取りは、図 12 の〔実施形態 9〕の走査型電子顕微鏡とデータベース部 1216 の間のやり取りと同様に行われる。ここでは、〔実施形態 9〕と同様に、例えば、図 10 に示される蓄積容量パターンの特定部分の面積が測定対象とする。図 10 では、該走査型電子顕微鏡の表示系における画面表示の一部を示している。この面積とは、蓄積容量パターンの外周部分に囲まれる領域の面積と定義する。面積の求め方は、図 12 の〔実施形態 9〕で説明した如く、例えば、画面はデジタル表示であるが、上記領域に含まれる最小単位（ピクセル）の個数を計測する方法や、外周部分がピクセルを跨る場合、ピクセルを補間してさらに分割し、そのサブピクセル部分を含めた領域の面積を計測する方法があげられる。

【0060】さらに、判断部 1312 は、データベース部 1316 よりプロセス条件の情報を引き出し、上記面積が望ましい値であるかを判断する。そして、もし望ましくない場合、その原因を判断して、結果をネットワーク 1314 を介して加工装置 1315 に図示するデータの流れ C として出力する。例えば、電子線照射量が小さすぎた（例えば、 $3.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ）ために、所望の蓄積容量パターンが小さくなったと判断し、その情報を出力する。ここではデータベース部 1316 を参照して、望ましい寸法に形成するための電子線照射量を選択する。

【0061】データベース部 1316 には、一定の現像条件における電子線照射量と形成パターンの寸法の対応表が含まれている。これにより、加工装置 1315 である電子線描画装置は、自動的に次回から電子線照射量を最適化した状態（例えば、 $4.0 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ）で、加

工を実行する。これにより、望ましい寸法のレジストパターンが形成可能となった。

【0062】図13に示すように、ウェハの流れAと、データの流れB、Cによって、被加工基板1205とそれに関する情報が送受信されて、該製造方法が有効に実施される。また、第一の製造装置1315と第二の製造装置1317からなる1ラインに該走査電子顕微鏡1台が付帯することに必然性はなく、複数の製造ラインと1台の電子顕微鏡が連結されており、それを自動搬送系機構により、ウェハが搬送されて検査される。このように、走査型電子顕微鏡が各加工装置のプロセス条件を管理、設定、維持するために用いることも可能であることはいうまでもない。

【0063】なお、上記〔実施形態 9〕および〔実施形態 10〕において、データベース部1216、1316には、上記各レジストの電子線照射量と形成パターンの寸法の対応表のみならず、現像条件と形成パターンの寸法の対応表、フォーカス条件と形成パターンの寸法の対応表、ベーク炉で処理するまでの引き置き時間と形成パターン寸法の対応表、電子線描画装置での周知の近接効果を補正するためのパラメータと形成パターン寸法の対応表等の加工装置1215、1315の情報が含まれている。また、加工装置1215、1315が、光学的転写装置の場合には、焦点設定条件と形成パターン寸法の対応表、露光量と形成パターンの寸法の対応表等の加工装置1215、1315に対応したプロセス条件の情報が含まれている。

【0064】この情報は、製造装置管理者が実験データに基づいてデータベース部1216、1316に蓄積される。また、加工装置1215、1315のメーカから供給される情報を入力することにより、構築してもよい。また、その情報は固定されたものではなく、常に更新可能なものであるのが望ましい。

【0065】上記の如く、従来技術において、測定対象としては特定の長さのみを評価していたため、本発明の実施形態に示すような高度な評価はできなかった。また、上記のような情報のやり取りは、自動的に行われてなかったために、プロセス条件の判断は、プロセス担当者が膨大なデータを判断して、該プロセス担当者により加工装置にフィードバックする方法が採用されていた。このため、多大な時間を要し、生産性の向上にはつながらなかった。本実施形態に示す方法により、半導体装置の製造方法において、高い生産性と高精度な加工の両立が可能となった。

【0066】

【発明の効果】以上、詳細に説明した如く、本発明の構成によれば、微細な半導体装置を形成するにあたり、加工装置のプロセス条件を簡便に評価することに好適な走査型荷電粒子応用装置、それをを用いた半導体装置製造方法を提供することができ、加工精度が高い半導体装置の

製造方法を実現すること、ならびに半導体装置の生産性を高めることに大きな効果がある。また、本発明の構成によれば、走査型荷電粒子応用装置では、加工パターンの寸法測定にあたり、画面中の二次元方向の寸法を測定し、また、所望のパターンと形成後のパターンを視覚的に比較し、両者の差を定量的に評価し、プロセス条件の調整の基礎データを収集し、さらに、加工パターンを含む被加工基板の評価結果は、被加工基板の加工プロセス工程にフィードバックし、製造工程の自動化を図り、高精度な加工の実現し、生産性の向上に寄与する走査型荷電粒子応用装置を提供する。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来における走査型荷電粒子顕微鏡のパターン計測説明図である。

【図2】図1のパターン計測における許容誤差説明図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の構成および表示画面の説明図である。

【図4】図3の走査型電子顕微鏡を用いた計測フローチャートである。

【図5】本発明の他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の計測説明図である。

【図6】本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の計測説明図である。

【図7】本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の計測説明図である。

【図8】本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の計測説明図である。

【図9】本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の計測説明図である。

【図10】本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の計測説明図である。

【図11】本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡の計測説明図である。

【図12】本発明のさらに他の一実施形態に係るイーサネット接続の走査型電子顕微鏡の説明図である。

【図13】本発明のさらに他の一実施形態に係る走査型電子顕微鏡を半導体装置の製造方法説明図である。

【符号の説明】

101、201…レジストパターン

202、502…許容最大範囲線

203、503…許容最小範囲線

202、501、601、1001…ホールパターン像

301、401、1201…電子源

302、1202、1302…電子線

303、1203、1303…レンズ系

304、1204、1304…偏向系

305、1205、1305…被加工基板

306、1206、1306…ステージ系

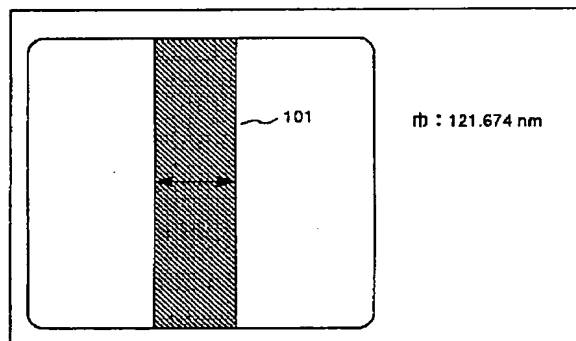
307、1207、1307…カセット

308、1208、1308…検出系
 309、1209、1309…信号処理系
 310、1210、1310…表示系
 311、1211、1311…演算制御系
 312、1212、1312…判断部
 313、1213、1313…入出力部
 314、1214、1314…ネットワーク
 315、801…参照パターン像
 316、802…観察パターン像
 1215、1315、1317…加工装置
 1216、1316…データベース部

602…重心点
 603…動径
 701…第一のパターン像
 702…第二のパターン像
 803…評価点
 901、1101…所定のパターン
 1002…不良パターン
 1102、1103、1113、1111、1112、
 1114、1115…微小領域
 1120、1121、1122、1123…交差点

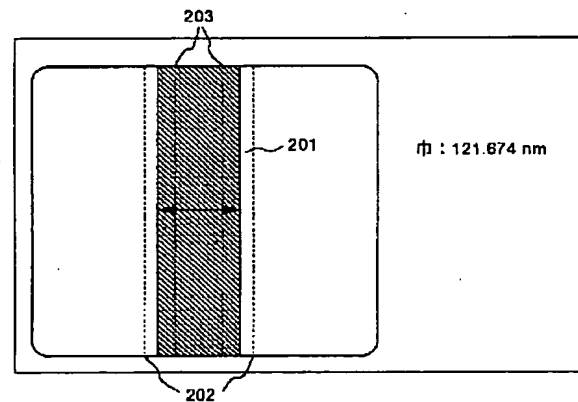
【図 1】

図 1



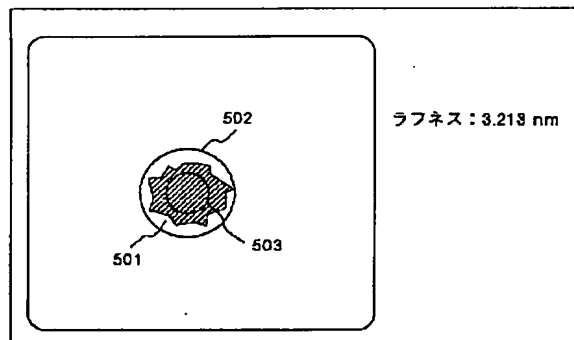
【図 2】

図 2



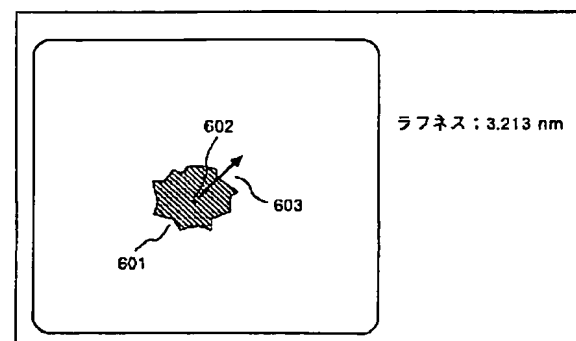
【図 5】

図 5



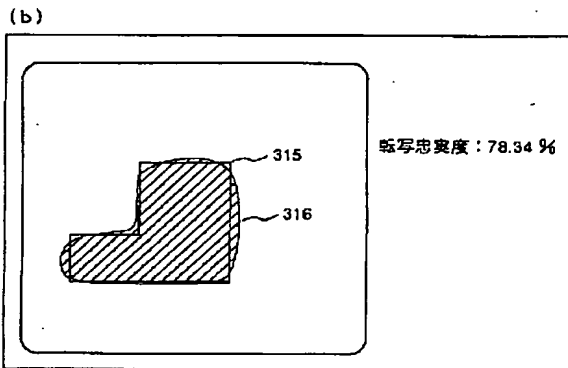
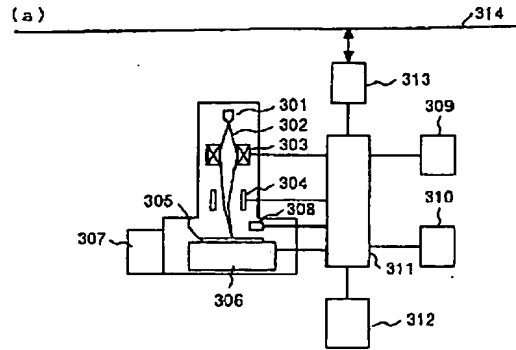
【図 6】

図 6



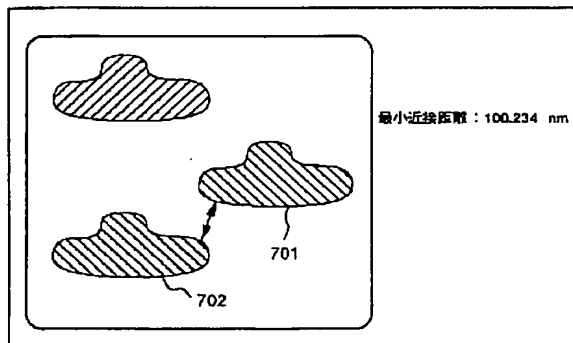
【図 3】

図 3



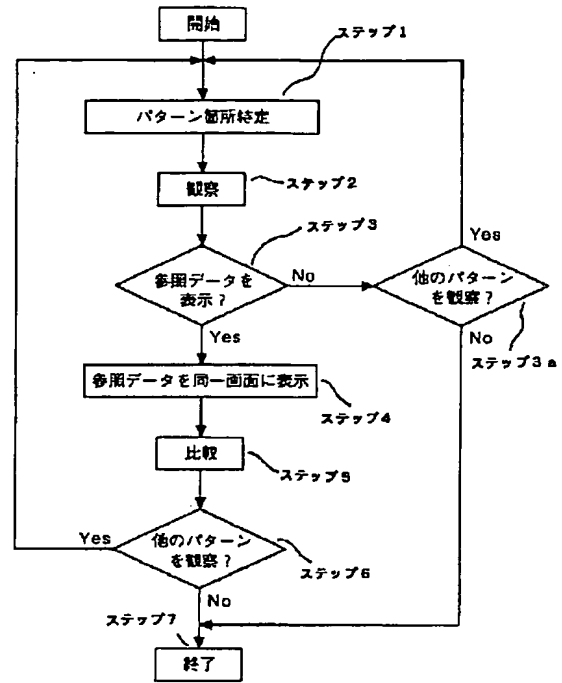
【図 7】

図 7



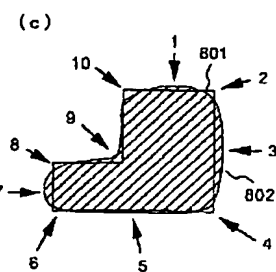
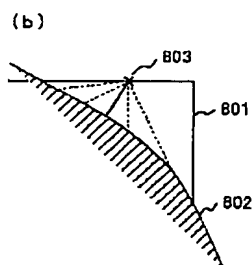
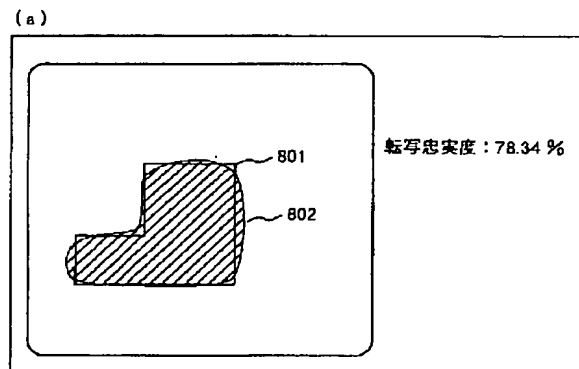
【図 4】

図 4



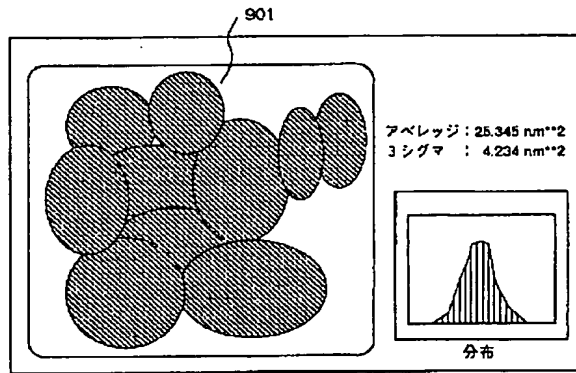
【図 8】

図 8



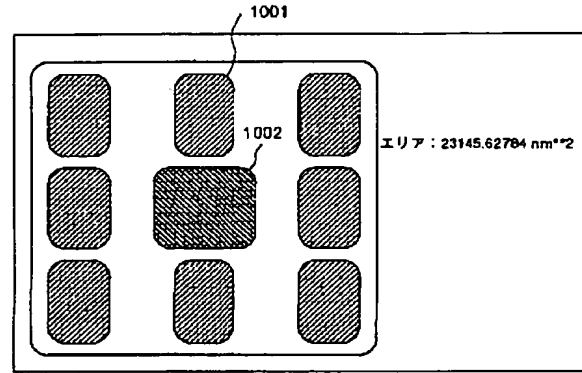
【図 9】

図 9



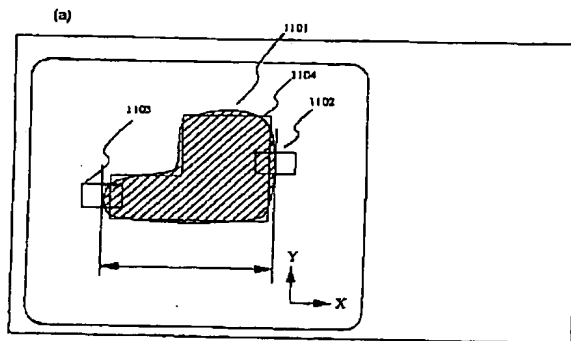
【図 10】

図 10

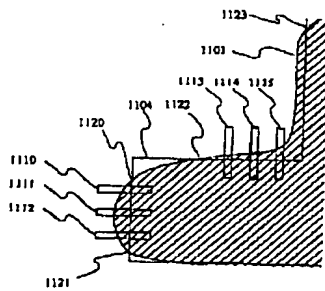


【図 11】

図 11

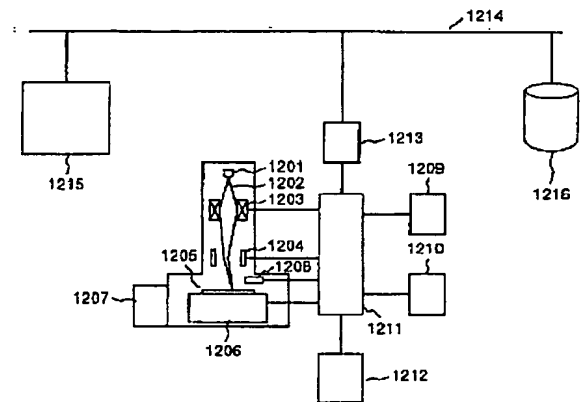


(b)



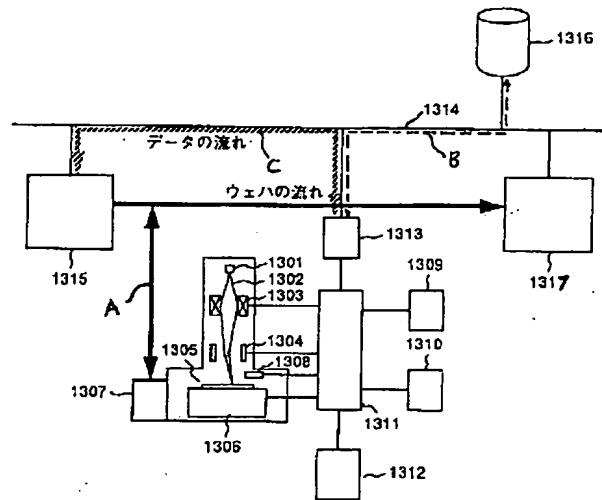
【図 12】

図 12



【図 13】

図 13



フロントページの続き

(72)発明者 山本 治朗

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 平沼 雅幸

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 江角 真

茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 大高 正

茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 戸所 秀男

茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 飯泉 孝

茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器事業部内

F ターム(参考) 2F067 AA54 AA57 BB04 CC17 EE03

EE04 EE10 HH06 JJ05 KK04

KK08 LL00 LL14 RR35 SS13

4M106 AA01 BA02 BA03 CA39 DB05

DJ18 DJ21 DJ23

5F056 BA05 BA08 BB01 BC08 CA25

CB40

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.